SCHWÄRZERLE
UND GARTEN-
LUPINE.

WORONIN.

f 581
V91

No.

DEPARTMENT OF

9581 V91

LIBRARY OF THE

Agricultural Experiment Station,

UNIVERSITY OF ILLINOIS.

Books are not to be taken from the Library Room.

581

Return this book on or before the **Latest Date** stamped below. A charge is made on all overdue books.

University of Illinois Library

Nov. 25 '48

M32

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/uberdiebeidersch00voro

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VII^e SÉRIE.
TOME X, N° 6.

ÜBER DIE BEI

DER SCHWARZERLE (ALNUS GLUTINOSA)

UND

DER GEWÖHNLICHEN GARTEN-LUPINE (LUPINUS MUTABILIS)

AUFTRETENDEN

WURZELANSCHWELLUNGEN.

VON

M. Woronin.

(Mit 2 Tafeln.)

Der Akademie vorgelegt am 24. Mai 1866.

ST. PETERSBURG, 1866.
Commissionäre der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften:

in St. Petersburg	in Riga	in Leipzig
Eggers et C° und H. Schmitzdorff,	N. Kymmel,	Leopold Voss.

Preis: 30 Kop. = 10 Ngr.

Gedruckt auf Verfügung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
Im Juli 1866. C. Vesselofski, beständiger Secretär.

Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
(W. O., 9. Linie, № 12.)

g 581
V91

An den Wurzeln der Schwarzerle (*Alnus glutinosa* Willd.), besonders an solchen Bäumen, die mehr im Schatten und in einem feuchten Boden, in der Nähe von Gewässern, zu stehen kommen, findet man in der Regel eigenthümliche, traubige, knollenähnliche Auswüchse. Die jüngsten Zustände dieser Bildungen (*Taf. I. Fig. 2, 3*) erscheinen in Form kleiner Wärzchen, welche vom ersten Anfange an von den Anlagen der Seitenwurzeln sich durch ihre Gestalt und Färbung leicht unterscheiden lassen. Dieselben sind nämlich dicker als diese letzteren und bekommen sehr bald schon die Form kleiner, gelappter Knollen; ihre Färbung ist eine hell-braungelbe und geht meistens in eine rost-braunrothe über. Die kleinen hökerartigen Fortsätze dieser jungen Wurzelauswüchse verlängern sich zu Zweiglein, welche sogleich anfangen sich zu theilen. Diese Theilung ist theilweise eine streng dichotome, theilweise aber auch, und nicht minder oft, eine völlig unregelmässige und ordnungslose. Die Glieder der auf diese Weise nach allen Richtungen sich theilenden Zweiglein sind im Ganzen ziemlich kurz und finden sich dabei immer stark neben einander gedrängt; — dadurch wird das bekannte traubige Ansehen, welches diese sonderbaren Wurzelanschwellungen der Erle äusserlich besitzen, bedingt. Durch das Auftreten neuer Verzweigungen an den schon vorhandenen werden diese Anschwellungen immer grösser; — sie erreichen allmählich die Grösse einer Wallnuss, eines kleinen Apfels oder zuletzt sogar, obgleich, wie es scheint, im Ganzen ziemlich selten, einer gesunden Mannsfaust (*Taf. I. Fig. 1*).

Die eigenthümlichen Wurzelanschwellungen der Schwarzerle, deren äusseres Ansehen hier eben beschrieben worden ist, sind wahrscheinlich Jedem mehr oder minder gut bekannt. Dieselben sind schon von Dr. J. Meyen im Jahre 1829 beschrieben worden (in *Flora*, 1829; S. 55 u. folg.). — Die beste und ausführlichste Beschreibung dieser Wurzelauswüchse nebst Abbildungen ist uns von Schacht gegeben worden. [Vergl. Schacht's folgende Schriften: «Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der Wurzel» in *Flora* 1853 (S. 261 u. folg. Taf. IV.); «Die Pflanzenphysiologie und Herr Dr. G. Walpers in Berlin» in *Flora* 1853 (p. 10—11); «Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse» 1854 (S. 160 u. folg. Taf. IX. Fig. 3—10); «Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse». 1859. (Bd. II, S. 147. Fig. 157); «Grundriss der Anatomie und Physiologie der Gewächse».

A.S. 498

1859. (S. 121. Fig. 93); «Der Baum» 1860. (S. 172—174. Fig. 125)]. — Rossmässler in seinem «Walde» (1863. S. 418) erwähnt gleichfalls dieser Wurzelauswüchse der Schwarzerle.

Was nun die Ursache der Erscheinung dieser Wurzelwucherungen anbelangt, so kann man eigentlich dieselbe so gut als eine bis jetzt noch völlig unbekannt gebliebene betrachten. Dr. J. Meyen, welcher beweisen wollte, «dass vollkommen parasitische Gewächse,» wie z. B. *Rafflesia*, *Brugmansia*, die *Rhizantheen*, die *Balanophoren*, *Lathraea*, *Orobanche*, etc., «aus den Wurzeln anderer Pflanzen ohne Samen hervorwachsen», zählte die sonderbaren Wurzelauswüchse der Erle gleichfalls zu einer besonderen «*Pseudomorphose*» der Wurzeln; — er nahm an, dass «das Innere jeder Anschwellung an den Enden eines Zweiges oder Astes der Wurzel eine parasitische Wucherung sei, die sich freilich nicht zur Höhe einer *Lathraea* oder *Balanophora* entwickelt, aber gleichfalls, wie parasitische Geschwülste im thierischen Körper, für sich bestehe». (Vergl. hierüber Dr. J. Meyen's Abhandlung: «Ueber das Hervorwachsen parasitischer Gewächse aus den Wurzeln anderer Pflanzen» in *Flora* 1829. S. 49 u. folg.) — Von Schacht wird das Auftreten der Wurzelanschwellungen von Erlen als eine besondere Bildung von Neben- oder Seitenwurzeln betrachtet, welche durch eine mehrmals wiederholte (Zwei-)Theilung der Wurzelspitze sich auszeichnet. Diese Erscheinung wird von ihm ein Mal (in *Flora* 1853. S. 10—11) als eine «keineswegs abnorme» geschildert; an einem anderen Orte sagt er dagegen, dass «die knollenähnlichen Wurzelanschwellungen der Erle abnorme Wucherungen zahlreicher Wurzelknospen sind, welche nicht zur Bildung einer wahren Wurzel gelangt sind». («Der Baum» 1860. S. 172—174). Die Wurzelauswüchse der Erle vergleicht Schacht mit den gelappten und verzweigten Wurzelbildungen einiger anderer Pflanzen, z. B. *Cycas*, *Zamia*, *Ceratozamia*, *Laurus canariensis*, u. a., giebt aber weder für diese, noch für jene eine Erklärung der richtigen Ursache ihres Auftretens. — Rossmässler (l. c.) lässt diese Frage unbeantwortet. — Dr. G. v. Jäger[1]) ist der Ansicht, dass man die bei der Erle auftretenden Wurzelauswüchse für eine durch Insektenstich veranlasste krankhafte Entwickelung annehmen muss, indem er für dieselben ein Analogon in den eigenthümlichen Auswüchsen findet, die an den Zweigen von Rosen, Weiden, *Pinus* u. s. w. auftreten und die, wie bekannt, wirklich durch Insekten gebildet werden.

Letztvergangenen Sommer und Herbst (1865) ist mir in der Umgebung von St.-Petersburg die Erscheinung der Wurzelwucherungen an der Erle zum ersten Male massenhaft aufgefallen. Ich benutzte das mir vorliegende und sehr leicht zugängliche Material und suchte dabei die Ursache des Auftretens dieser sonderbaren Wurzelbildungen aufzufinden. Die Resultate meiner Untersuchungen will ich nun hier ganz kurz mittheilen.

Bei den gesunden und jungen völlig normal entwickelten Wurzeln der Erle, sei es auf Quer- oder Längsschnitten (*Taf. I. Fig. 4, 5*) unterscheide ich, von innen nach aussen

1) «Ueber eine krankhafte Veränderung der Blüthen-Organe der Weintraube» (*Flora*, 1860. S. 49).

gehend, folgende drei Theile: 1) Einen centralen Gefässbündelstrang, 2) das ihn rundumgebende Parenchym und 3) die Rinde. Ein centrales Mark, das Schacht für die Wurzeln nicht allein der Erle, sondern aller Dicotyledonen angiebt, ist hier, meinen Untersuchungen nach, nicht vorhanden; — hiermit bestätige ich die von Tschernajeff gemachten Untersuchungen über den Bau des mittleren Theiles der Wurzeln bei dicotylen Holzpflanzen[1]). — Die quer- und längs-durchschnittenen Wurzelwucherungen der Erle (*Taf. I. Fig. 6*) zeigen im Ganzen denselben Bau und dieselbe Anordnung der Gewebselemente als die Wurzeln, mit dem einzigen Unterschiede, dass das zwischen der Rinde und dem Gefässbündel liegende Parenchym hier eine viel mächtigere Entwickelung erhält; — während nämlich dieses Parenchym in der normalen Wurzel blos aus 4—6 Zelllagen besteht, zählt man deren auf den Längs- und Querschnitten der Wurzelauswüchse 15 bis 20 und noch mehr. Schacht giebt in seinen Schriften über diesen Unterschied nichts an; — dass derselbe ihm aber nicht unbemerkt geblieben sein muss, sieht man schon aus den auf der IX^ten^ Tafel der «Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse» dargestellten Abbildungen, — besonders deutlich beweisst es die *Figur 7* der eben genannten Tafel, wo neben dem Längsschnitte einer jungen normalen Wurzel ein eben solcher Längsschnitt einer jungen Wurzelwucherung abgebildet ist. — Untersucht man nun genau auf feinen durch die Wurzelauswüchse geführten Schnitten den Inhalt der Zellen des zwischen der Rinde und dem centralen Gefässbündelstrang liegenden Parenchyms, so sieht man (wobei eine 90—120-fache Vergrösserung völlig genügt), dass die meisten dieser Zellen mit ganz kleinen, farblosen, runden, kugligen, dicht neben einander gedrängten, weiter unten zu beschreibenden Bläschen gefüllt sind (vergl. *Taf. I. Fig. 7*). — Zerrupft man unter dem Präparirmikroskop mittelst Nadeln einen feinen Schnitt dieses Parenchyms, so bekommt man zur Untersuchung sehr geeignete, nur aus einigen Zellen bestehende Stückchen dieses Gewebes (*Taf. I. Fig. 11*), wobei aus dessen Zellen die in denselben angehäuften eben erwähnten kugligen bläschenartigen Körper sehr oft herausfallen und auf diese Weise frei gelegt werden (*Taf. I. Fig. 12* u. *13*). — Weitere Untersuchungen, die bei stärkerer Vergrösserung angestellt worden sind, zeigten mir, dass ich hier mit einem vollkommen parasitischen Pilze zu thun hatte. Von dem Baue und der Entwickelungsgeschichte desselben ist mir bis jetzt aufzuklären nur folgendes gelungen:

Die Hyphen, d. h. die eigentlichen Myceliumfäden dieses Parasiten sind streng intercellulär; — ihrer Zartheit und Feinheit wegen[2]) sind dieselben, zwischen den Zellen des Wurzelparenchyms, nur bei einer 480- und mehrfachen Vergrösserung mit Bestimmtheit wahrzunehmen (*Taf. I. Fig. 8, 9, 11*). Es sind wenig verzweigte, völlig farblose und, wie es scheint, nur in ganz exceptionellen Fällen mit Querwänden versehene Pilzfäden.

---

1) Vergl. den russisch geschriebenen Aufsatz von Tschernajeff: «О строеніи средней части въ корняхъ древесныхъ двусѣмянодольныхъ растеній» статья П. И. Черняева, помѣщенная въ сочиненіи «Естественно-историческія изслѣдованія С.-Петербургской Губерніи» 1864.

2) Dieselben besitzen nämlich die Dicke von 0^{mm},0008—0^{mm}.0016.

Von diesen Fäden nehmen Seitenzweiglein (*Taf. I. Fig. 9*) ihren Ursprung, welche sich durch die Wände der Parenchymzellen bohren und ins Lumen derselben eindringen, um hier sogleich nach allen Seiten der Zellenperipherie hin reichliche, sich verzweigende, ebenfalls sehr feine Verästelungen zu entsenden. Das Ende jeder dieser Verzweigungen ist anfangs etwas keulenförmig aufgeblasen, wandelt sich aber sehr bald in eine runde, kuglige Anschwellung (*Taf. I. Fig. 10*) um. Diese an den Spitzen der Zweigenden auftretenden Anschwellungen sind die Anlagen derjenigen kugligen, farblosen, dicht gedrängten Bläschen, die ich, wie oben erwähnt worden ist, zuerst in den Parenchymzellen der Wurzelauswüchse von Alnus entdeckt habe, und die, obgleich deren wahre Bedeutung mir bis jetzt noch völlig unbekannt geblieben ist, ich für die Reproduktionsorgane des Pilzparasiten annehme und deswegen hier einstweilen mit dem Namen «Spore» bezeichnen will. Das Wachsen dieser auf solche Weise angelegten Sporen dauert im Ganzen nur, wie es scheint, sehr kurze Zeit; die Sporen erreichen nämlich sehr bald ihre definive Grösse von $0^{mm},0048$ — $0^{mm},0059$ (*Taf. I. Fig. 11—15*). In derselben Zeit wird jeder dieser sporenähnlichen Körper, obgleich nicht immer, von seinem Tragfaden durch eine Querwand getrennt (*Taf. I. Fig. 10, 12, 14*); — meistens liegt diese letztere nicht unmittelbar an der Spore, sondern etwas unterhalb derselben, so dass das oberste Ende des Fadens in Form eines die Spore tragenden Stielchens mit abgegliedert wird (vergl. *Fig. 14*). Die Membran der Sporen ist, gleich derjenigen der Fäden, sehr fein, zart und dabei völlig farblos. In dem gleichfalls farblosen, plasmatischen, im Ganzen nur selten feinkörnig erscheinenden, sonst völlig homogenen Inhalte dieser Sporen fand ich nur in einzelnen Fällen ein etwas grösseres Körnchen, das man vielleicht für einen Zellkern annehmen kann. Die Form der einzelnen Sporen ist, wie schon oben mehrmals erwähnt worden ist, eine völlig runde und kuglige; — einzelne Sporen besitzen aber auch eine entweder etwas verlängerte, oder etwas abgeplattete und sogar eine mehr oder minder mehreckige Form. — Eine wahre Keimung konnte ich an diesen Sporen nicht wahrnehmen, dagegen gelang es mir ein paar Mal zu sehen, wie die eine oder die andere dieser Sporen, ohne sich dabei von ihrem Tragfaden loszutrenen, einen kurzen Faden treibt, an dessen Ende eine eben solche Spore sich wieder bildet; der Faden kann auch verzweigt vorkommen (*Fig. 15*), und dann werden von demselben anstatt einer zwei oder drei dieser secundären Sporen erzeugt. Die verschiedenen von mir angewendeten mikrochemischen Reaktive ergaben nichts Besonderes und nichts Bemerkenswerthes; durch *Jod* werden die Sporen und die sie erzeugenden Pilzfäden sogleich gelb gefärbt, — fügt man SO_3 hinzu, so wird diese Färbung viel intensiver, — sie geht in eine dunkle, gelbbraune über.

Aus Allem dem, was oben über die Entwickelung und den Bau der Sporen dieses Parasiten gesagt worden ist, ersieht man, dass die Gesammtmasse derselben in jeder der sie enthaltenden Parenchymzellen das Ansehen einer eigentlichen Traube hat, deren Hauptachse — die hier ein Pilzfaden ist — aus dem intercellulären Mycelium ihren Ursprung nimmt. Hier haben wir also einen endophyten Pilz, dessen Mycelium intercellulär, die Fruktifi-

kation desselben dagegen streng intracellulär ist (vergl. hierüber *Fig. 8*, *11*, nebst Beschreibung derselben). Beim Zerrupfen mittelst Präparirnadeln feiner durch die Wurzelauswüchse geführter Schnitte lassen sich manchmal die traubigen Sporenanhäufungen nebst den sie tragenden Pilzfäden frei abpräpariren, wie es auch in den *Fig. 12* und *13* abgebildet ist; — sind aber dieselben schon etwas alt, so fallen gewöhnlich bei solcher Präparation die mit dem stielchenähnlichen Fortsatze versehenen Sporen auseinander; am Ende des Stielchens sieht man bei den vereinzelten Sporen nicht selten Reste der sie früher tragenden, jetzt ausgeleerten und demnach völlig abgestorbenen Pilzfäden (*Fig. 14*).

Was nun das weitere Schicksal dieses die Wurzeln der Erle bewohnenden Parasiten betrifft, so kann ich über dasselbe hier nichts Näheres angeben; dieses zu erklären muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Die kurzen, aufgeschwollenen, höckerartigen, sich verästelnden Glieder der ältesten, dunkelbraun und beinahe völlig schwarz aussehenden Wurzelauswüchse der Erle haben ein vertrocknetes, verschrumpftes Ansehen, oder, was auch nicht sehr selten vorkommt, die Rinde derselben erscheint stellenweise, besonders an den Spitzen der Zweigenden, rund herum zerrissen und nicht selten sogar abgesprungen; — an solchen Stellen sieht man dann, dass zwischen der trockenen, abgestorbenen Rinde und dem ebenfalls abgestorbenen, axillen Gefässbündelstrange, anstatt des Parenchyms, ein hohler Raum sich findet[1]), welcher von dem oben beschriebenen parasitischen Pilze nur noch ganz unbedeutende Spuren enthält. Dies ist eine bis jetzt noch unerklärte Erscheinung, die aber wahrscheinlich für die Entwickelungsgeschichte des Parasiten irgend eine Bedeutung haben mag und demnach bei weiteren Untersuchungen nicht unberücksichtigt bleiben darf. Wie aber die Sache sich auch nur verhalten mag, so ist man, wie mir scheint, jedenfalls berechtigt anzunehmen, dass die an der Erle erscheinenden, traubigen Wurzelauswüchse eine besondere Krankheitserscheinung darstellen, und dass deren alleinige, nächste Ursache in der Vegetation des von mir entdeckten Pilzes zu suchen ist. — Bekräftigung und Grund zur Annahme solcher Anschauungsweise finde ich in zwei folgenden, nicht unwichtigen Umständen: Erstens ist der hier geschilderte Pilz der einzige constant erscheinende Begleiter der an Erlen auftretenden Wurzelanschwellungen; bis jetzt ist mir nämlich kein einziger Erlenwurzelauswuchs vorgekomen, in welchem sich dieser Parasit nicht vorgefunden hätte. Zweitens, worin schon alle Angaben früherer Beobachter übereinstimmen, kommen die traubigen Wurzelwucherungen der Erle immer in sehr nassem Boden, am Ufer, ja sogar in Wasser vor; — es ist mir ausserdem, im Ganzen, verhältnissmässig nur sehr selten begegnet, diese Krankheitserscheinung an Wurzeln solcher Erlen aufzufinden, die in einem mehr oder minder trockenen, sandigen Boden wachsen. — Künftigen Untersuchungen bleibt es jedenfalls vorbehalten zu erklären, wie der Parasit

---

1) Erwähnung hierüber finden wir schon bei Meyen. Er sagt darüber (l. c. p. 57—58) Folgendes: «An alten «Exemplaren dieser Köpfchen findet man, dass sich die «Rinde derselben zuerst vom Kerne abgelöst hat und «dann sogar rund herum abgesprungen ist. Die zurück- «bleibende Höhlung an diesen Köpfchen nach abgesprun- «genen Hüllen lässt darauf schliessen, dass ein Kern aus «derselben herausgefallen ist.»

eigentlich in die Wurzeln von *Alnus* eindringt, sich in denselben fort entwickelt, und was dessen muthmasslige, oben beschriebenen Propagationszellen (*Sporen*) für ein Schiksal erleiden. Dass der Pilz ein perennirender ist, kann, glaube ich, schon deswegen kaum bezweifelt werden, weil die durch denselben verursachten Wurzelauswüchse der Erle von Jahr zu Jahr umfangreicher werden. Das jährliche Wachsthum dieser Wurzelwucherungen ist im Ganzen ein sehr langsames; — bei den 1—2-jährigen Keimpflänzchen und an den jungen Wurzeln älterer Bäume sind diese Auswüchse immer sehr klein, wie man es schon aus den *Fig. 2* und *3* der *Taf. I.* ersieht; — die grössten, knolligen Auswüchse, welche manchmal sogar die Grösse einer gesunden Mannsfaust erreichen, treten dagegen nur an den ältern Wurzeln auf (vergl. *Taf. I. Fig. 1*). — Schliesslich sei hier noch bemerkt, dass ich die Wurzelauswüchse nicht allein bei *Alnus glutinosa* Willd., sondern auch noch zwei Mal an Wurzeln von *Alnus incana* Willd. gefunden habe, und ebenfalls an ganz jungen, 2-jährigen Topfexemplaren von *Alnus glutinosa*, *var. subbarbata*, welche letztere ich aus dem hiesigen botanischen Garten, durch die Güte des Herrn Direktors Dr. E. Regel freundlichst zur Untersuchung bekommen hatte.

Wendet man sich nun zu der mykologischen Literatur, um zu entscheiden, wohin denn eigentlich der hier geschilderte parasitische Pilz untergebracht sein soll, so fällt vor Allem in die Augen die Abhandlung von Nägeli, betitelt: «Pilze im Inneren von Zellen» (*Flora* 1842, S. 278 u. folg.), in welcher er unter anderem einen in den Wurzeln mehrerer *Iris*-Arten vorkommenden Pilz beschreibt, den er *Schinzia cellulicola* benennt. Dieser ebenfalls im Inneren von Wurzelzellen vegetirende Pilz scheint mir dem hier beschriebenen, die Wurzelwucherungen der Erle verursachenden Parasiten am nächsten zu treten; besonders sehen sich die Reproduktionsorgane beider Pilze sehr ähnlich. Demnach betrachte ich sie als zwei zu ein und derselben Gattung gehörende Arten und bezeichne den von mir in den Auswüchsen der Erlenwurzel entdeckten Pilz mit dem Namen *Schinzia Alni*. Ob die Meinung Nägeli's, dass *Schinzia* mit *Achlya* in nächster Verwandtschaft steht, richtig ist, — dies ist eine andere Frage, die aber hier unberührt bleiben muss, da dieselbe nur durch weitergeführte, entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen beantwortet werden kann.

Als ich mich völlig überzeugt hatte, dass die an den Erlen auftretenden Wurzelanschwellungen immer von dem hier eben besprochenen die Wurzelzellen bewohnenden Parasiten (*Schinzia Alni*) begleitet werden, und dass dieselben, aller Wahrscheinlichkeit nach, durch diesen letzteren verursacht werden, kam ich auf die Idee, ähnliche bei manchen anderen Pflanzen vorkommende Wurzelauswüchse gleichfalls mikroskopisch zu untersuchen. — Wie die oben schon angeführten Arbeiten von Schacht uns lehren, finden sich ähnliche seitliche Auswüchse: erstens an den Neben- und Luftwurzeln mancher *Cycadeen*, zweitens an den Luftwurzeln von *Laurus canariensis*, und drittens an den Wurzeln einiger *Leguminosen* (*Lupine* und *Klee*-Arten). Da die *Cycadeen*- und die *Laurus*-Wurzeln mir nicht in genügender

Quantität vorlagen, begnügte ich mich vorläufig mit der Untersuchung der Anschwellungen, welche an den Wurzeln der gewöhnlichen Garten-Lupine (*Lupinus mutabilis* Lindl. = *L. Crukshanskii*) auftreten [1]). Diese Untersuchung gab mir folgende Resultate.

Was die Gestalt und Grösse der an der Pfahl, so wie an den Seitenwurzeln der Garten-Lupine (*Lupinus mutabilis* Lindl.) vorkommenden Anschwellungen anbelangt, so erscheinen dieselben zuerst in Form einer sehr kleinen, kaum 1—2 Mm. grossen, kuglig-runden Knolle (*Taf. II. Fig. 1*). Je grösser dieser Körper wird, desto mehr erhält die anfangs glatt gewesene Oberfläche desselben ein unebenes, höckeriges Ansehen; die erwachsenen Knollen werden darnach mehr oder minder nieren- und traubenartig (*Taf. II. Fig. 2—8*). Diese knolligen Auswüchse treten, was ihre Zahl und Anordnung betrifft, an den Wurzeln sehr unregelmässig auf; selten findet man sie an den Endspitzen (*Taf. II. Fig. 7*), öfters sitzen sie dagegen an den Seiten der Wurzeln (*Fig. 1—6, 8, 11*). Im letzteren Falle sind die Auswüchse entweder völlig einseitig (*Fig. 1, 2, 5, 6, 8*), oder sie wachsen an dieser Stelle um die Wurzel rund herum (*Fig. 3, 4, 6*) und erscheinen dann in Form von Knollen, welche von der Wurzel mitten durchwachsen werden. Die grössten Wurzelanschwellungen der Lupine, die ich untersuchte, massen $1^1/_2$—2 Centim. Was endlich ihre Farbe anbelangt, so ist dieselbe mit derjenigen der Wurzeln selbst völlig gleich, — d. h. hellbraungelb.

Schneidet man nun die eben hier geschilderten Wurzelauswüchse der Lupine quer und in die Länge durch (*Taf. II. Fig. 9—11*), so ersieht man, dass aus dem centralen, mehr oder minder starken Gefässbündelstrange der Wurzel [2]) seitliche Gefässbündelchen in die Auswüchse eindringen und hier sich vertheilen. Die Verzweigungen dieser Seitengefässbündel und deren Verlauf zwischen den parenchymatischen Zellen der Wurzelwucherungen sind im Ganzen sehr unregelmässig; — die Endverzweigungen dieser Bündel bestehen dabei meistens nur aus einigen, ganz vereinzelten Gefässbündelelementen. Das Beachtenswertheste aber in der Struktur der Lupinen-Wurzelauswüchse ist, dass hier zweierlei verschiedene Wurzelparenchymgewebe vorhanden sind, welche von einander durch die in den Auswuchs eintretenden und sich in demselben vertheilenden Gefässbündel getrennt werden. Das eine dieser Zellgewebe, welches auf den *Fig. 9 — 11* (*Taf. II.*) durch eine leichte Schattirung angedeutet ist, und, wie es aus denselben Abbildungen zu sehen ist, immer von den Gefässbündeln umgeben wird, kann einfach inneres Parenchym genannt werden;—das andere dagegen, das auf denselben Figuren weiss gelassen worden ist, ist das äussere Parenchym, denn es liegt immer diesseits der Gefässbündel und umgrenzt also die Portionen des inneren Parenchyms von allen Seiten. Das äussere Parenchym der Wurzelauswüchse ist

1) Die von mir untersuchten Lupinen-Pflanzen stammten aus dem der hiesigen Kaiserlichen Universität angehörenden Garten her; aus der Erde wurden dieselben Mitte September ausgegraben.

2) Das, was oben über den Bau des mittleren Theils der Erlenwurzel gesagt worden ist, bezieht sich auch hier auf die Lupinen-Wurzel; ein von einem geschlossenen Gefässbündelringe umgebenes centrales Mark ist hier, in der Wurzel, meiner Untersuchung nach, ebenfalls nicht vorhanden.

eigentlich die Fortsetzung des parenchymatischen Rindengewebes der Lupinen-Wurzel selbst (vergl. *Fig. 11*) und besteht, wie *Fig. 12.* zeigt, aus polygonalen Zellen, von welchen die der Peripherie des Auswuchses näher liegenden immer einen viel grösseren Durchmesser zeigen, als diejenigen, die das innere Parenchym unmittelbar umgrenzen. Ihr Inhalt ist eine völlig farblose, wässrige Flüssigkeit, in welcher nur selten eine plasmatische, körnige Substanz suspendirt wird. Die Zellwände dieses Parenchymgewebes sind gewöhnlich auch ganz farblos, — nur die jener 2—3 äussersten Zelllagen, welche eigentlich die Rinde des Auswuchses ausmachen, besitzen meistens eine bräunliche, gelbe Färbung.

Das innere Parenchym ist, wie wir gleich sehen werden, ein in vielen Hinsichten eigenthümliches Zellgewebe. Dasselbe bildet, wovon schon oben die Rede war, besondere, von Gefässbündeln umgebene Zellgewebkörper. Ein jeder solcher Zellkörper wächst beständig in der Richtung von innen nach der Peripherie des Auswuchses zu, wobei die innersten Zellen dieses Parenchyms immer die entwickelsten und ältesten, die äussersten, d. h. die der Peripherie des Auswuchses am nächsten liegenden Zellen, dagegen, immer die jüngsten und kleinsten sind. (Vergl. *Fig. 12*). — Diese äussersten, noch wachsenden und noch in Theilung begriffenen, jungen Zellen des Parenchymkörpers, die auf der *Figur 12* mit *vp* bezeichnet sind, können eigentlich für den Vegetationspunkt oder, richtiger gesagt, für die Vegetationsschicht des Zellkörpers gehalten werden, denn auf der Thätigkeit derselben beruht das Wachsthum des letzteren. Der jugendliche Theil des Parenchymkörpers erscheint, wie wir es hier auf dem Quershnitte (*Fig. 12*) sehen, ungetheilt, in Form eines abgerundeten Kegels, kommt aber, nicht selten auch gelappt vor (vergl. darüber die *Fig. 9—11*). Die Lappungen der Zellgewebkörper des inneren Parenchyms sind im Ganzen sehr unregelmässig; von der Form und Anordnung derselben hängt denn auch das hökerige, nierenförmige äussere Ansehen des ganzen Wurzelauswuchses ab. — Was den Inhalt der Zellen des inneren Parenchyms betrifft, so ist derselbe ein farbloses, trübes, schleimiges Plasma, in welchem anfangs, d. h. in den jüngsten Zellen, der Gehalt an Körnern sehr gering ist. In den etwas entwickelteren Zellen erscheinen diese Körnchen in viel grösserer Menge (*Taf. II. Fig. 13*); in den noch späteren Entwickelungsstadien treten diese letzteren schon nicht mehr als runde Körperchen, sondern in Form kleiner, etwas in die Länge gezogener Stäbchen auf. Die Parenchymzellen, welche jetzt mit diesen stäbchenartigen Organen dicht erfüllt werden, sind entweder in der Länge beinahe gleichen Durchmessers wie in der Breite und messen dabei durchschnittlich $0^{mm},02 — 0^{mm},04$, oder dieselben erscheinen etwas verlängert und besitzen dann meistens eine Länge von $0^{mm},039 — 0^{mm},064$ bei einer Breite von $0^{mm},016—0^{mm},028$. — Gleichzeitig damit erkennt man aber, dass diese früher polygonal gewesenen Parenchymzellen sich nun mehr und mehr abrunden (*Taf. II. Fig. 14*) und anfangen sich von einander los zu trennen (*Fig. 15*). In derselben Entwickelungsperiode nimmt man in sehr vielen dieser Zellen ausser den kleinen Stäbchen einen grösseren klumpenartigen Körper wahr (*Fig. 14—17*), welcher seltener in Form eines Zellkernes auftritt, öfters dagegen nicht scharf konturirt ist und dabei eine mehr

oder minder sternartige Form besitzt; — es sieht aus, als ob dieser Körper von sich nach allen Seiten schleimige Stränge aussendet. Die wahre Bedeutung dieses Körpers ist mir aber unerklärt geblieben. — Das Auseinanderfallen des inneren Parenchyms in seine einzelnen Elemente, welches in den ältesten, also den allerentwickelsten Wurzelauswüchsen eintritt, ist schon für sich selbst eine sehr beachtenswerthe Erscheinung, — noch eigenthümlicher und auffallender aber ist Folgendes. Legt man, z. B. auf eine Glasplatte, einige dieser auseinandergefallenen Zellen in ganz reines Wasser, so findet man, nach Ablauf nur einiger, manchmahl sogar nach der kurzen Zeit von 6 Stunden, oder noch eher, im Wasser kleine stabförmige Körperchen, die völlig identisch sind mit denjenigen Stäbchen, welche in den Zellen selbst enthalten sind, und ausserdem sind die meisten derselben mit einer mehr oder minder raschen Bewegung begabt. Bei sorgfältiger, weiter geführter Untersuchung ist es nicht schwer sich zu überzeugen, dass die stäbchenartigen Körperchen wirklich aus den vereinzelten Parenchymzellen austreten, wie es die *Fig. 18* zeigt, und sich dann im Wasser bewegen. Die hier erscheinende Bewegung ist keine moleculäre, denn sehr oft kann man sehen, mit welcher Geschwindigkeit, manchmal pfeilschnell, die kleinen Stäbchen das ganze Gesichtsfeld des Mikroskops von einer Seite nach der anderen durchlaufen. Die Bewegung dieser Körperchen kann eigentlich schon innerhalb der Zellen wahrgenommen werden. Betrachtet man nämlich von den frei liegenden Parenchymzellen diejenigen, die in der Entwickelung am weitesten vorgerückt sind, die reifsten so zu sagen, so sieht man, dass der aus den stäbchenartigen Körperchen bestehende Zelleninhalt in denselben mehr nach der Mitte zu einer mehr oder minder dichten Masse angehäuft ist; im Umfange dagegen, d. h. zwischen dieser centralen Inhaltsmasse und der zarten, farblosen Zellmembran findet sich ein schmaler Raum, der von einer durchsichtigen, wässerigen Plasmaflüssigkeit eingenommen wird, in welcher man denn auch eine nicht sehr geringe Zahl dieser Stäbchen in Bewegung findet (vergl. *Fig. 17, a*). Befreit werden diese letzteren durch eine entweder partielle (*Fig. 18*), oder eine totale (*Taf. II. Fig. 19*) Resorption der feinen Membran der sie enthaltenden Zellen. Im letzten Falle sieht man besonders deutlich, dass die Stäbchen nicht alle gleichzeitig in Bewegung gesetzt werden; im Gegentheil liegen nach der Resorption der Zellmembran die stäbchenförmigen Körperchen um den meistens dabei noch zurückbleibenden zellkernartigen Körper angehäuft (*Fig. 19*) und schon einige Zeit hierauf fangen sie allmählich an sich zu bewegen, um sich von hier aus nach allen Seiten in dem sie umgebenden Wasser zu zerstreuen. — Die kleinen im Wasser schwärmenden, kaum $0^{mm},0016 - 0^{mm},0028$ grossen, von Jod gelb, von Jod und Schwefelsäure dunkelgoldgelb oder gelbbraun werdenden, stäbchenförmigen Körperchen (*Taf. II. Fig. 20*) zeigen in allen Hinsichten die auffallendste Aehnlichkeit mit den bis jetzt noch zweifelhaft gebliebenen Pflanzenorganismen, welche unter den Namen *Bacterium Duj.*, *Vibrio Ehr.*, *Zoogloea Cohn*[1]) u. d. g. bekannt sind, und zu diesen sind denn wohl auch dieselben zu

1) Vergl. «Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze» von Dr. Ferd. Cohn, in den «Verhandl. der Leopold. Carolin. Akademie der Naturforsch.» Bd. XVI (1854), S. 123.

rechnen. Die Dauer der Bewegung dieser kleinen *vibrio*-ähnlichen Körper ist schwer genau zu bestimmen; in einigen Fällen sah ich viele derselben noch 12—18 und selbst 20 Stunden nach dem Einlegen reifer Parenchymzellen in Wasser sich darin munter bewegen,— in anderen Fällen dagegen fand ich dieselben zur Ruhe kommend schon 3—6 Stunden nach dem Beginn ihrer Bewegung. Die zur Ruhe gekommenen zeigen bald Veränderungen eigenthümlicher Art. Anfangs nämlich verlängern sie sich und zergliedern sich dann in einzelne kleinere Partikelchen, die gleichfalls das Ansehen von Stäbchen besitzen; oder sie erzeugen Sprossungen, welche entweder sogleich auseinander fallen, oder auch häufig eine Zeit lang noch zusammenhängen bleiben, kurze und dünne rosenkranzförmige Schnüre oder kleine Büschelchen bildend, wie es aus den Figuren *21* und *22* zu ersehen ist.

Hiermit schliessen meine Beobachtungen über die Entwickelung der *vibrio*-ähnlichen Körperchen, die, wie oben gezeigt worden ist, in den Lupinen-Wurzelanschwellungen ein ganz besonderes parenchymatisches Zellgewebe, inneres Parenchym von mir genannt, einnehmen. Dieselben in Wasser oder in einer nicht zu concentrirten Zuckerlösung u. d. g. zu kultiviren und zur weiteren Entwickelung zu bringen, ist mir nie gelungen. Obgleich es nun künftigen Untersuchungen noch vorbehalten bleibt zu entscheiden, was für eine Bedeutung diese *vibrio*-ähnlichen Organismen eigentlich besitzen, wie dieselben in die Wurzelzellen eindringen und was endlich ihr weiteres Schicksal ist, so hat man dennoch, meiner Ansicht nach, schon jetzt in Allem dem, was oben gesagt worden ist, Gründe genug anzunehmen, dass die an der Lupine erscheinenden knolligen Wurzelauswüchse zu einer anomalen, krankhaften Erscheinung zu rechnen sind, und dass die Ursache derselben in der Entwickelung der stäbchenförmigen, *vibrio*-ähnlichen Körper zu suchen ist.

Die Wurzelwucherungen der Erle und die knolligen Auswüchse der Lupine sind demnach in gewisser Hinsicht identische Erscheinungen; in beiden Fällen wird die Erscheinung durch einen fremden Organismus verursacht: bei der Erle ist dieser Organismus ein eigenthümlicher entophyter parasitischer Pilz, den ich einstweilen mit den Namen *Schinzia Alni* bezeichne; — bei der Lupine dagegen besteht dieser fremde Organismus aus kleinen *vibrio*-ähnlichen Körperchen, die in Wasser sich freiwillig bewegen, zur Ruhe kommen und von sich dann neue Sprossungen geben. Was für ein Organismus dies aber eigentlich ist, und ob derselbe für eine selbständige Form angenommen werden kann, — dies sind Fragen, die jetzt noch unbeantwortet bleiben müssen und nur durch künftige, weiter fortgesetzte Untersuchungen erläutert werden können.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Eine der grössten und entwickeltsten von mir untersuchten Wurzelanschwellungen der Erle (*Alnus glutinosa*) in natürlicher Grösse.

Fig. 2 und *3*. Junge Wurzelauswüchse gleichfalls in natürlicher Grösse; *Fig. 2* bei *Alnus glutinosa*, *Fig. 3* bei *Alnus glutinosa var. subbarbata.*

Fig. 4. (Vergrösserung *65*.) Längsschnitt durch eine zweijährige gesunde und normalentwickelte Wurzel von *Aln. glutinosa subbarbata.* — *g b* Der centrale Gefässbündelkörper; *p* das ihn rund umgebende Parenchym; *r* die Rinde; *α* der Anfang einer jungen Seitenwurzel.

Fig. 5. (Vergr. *65*.) Längsdurchschnittene, normalentwickelte Wurzelspitze von *Aln. glutinosa subbarbata.* — *g b*, *p* und *r* haben dieselbe Bedeutung, wie in der *Fig. 4*; *x* die Wurzelhaube.

Fig. 6. (Vergr. *65*.) Querschnitt durch die Mitte einer Wurzel von *Alnus glutinosa subbarbata,* an einer solchen Stelle, wo anstatt normalentwickelter Seitenwurzeln sich junge Auswüchse bilden. — (*Fig. 4*, *5* und *6* sind halbschematische Figuren.)

NB. Alle nächstfolgenden Figuren beziehen sich nur auf *Alnus glutinosa.*

Fig. 7. Theil eines Querschnittes durch einen knolligen Wurzelauswuchs der Erle betrachtet bei *120*-facher Vergrösserung. — *G B* Gefässbündelkörper. *r* Rinde. Zwischen der Rinde und dem Gefässbündelkörper liegt das Parenchym *p*, dessen Zellen von dem parasitischen Pilze *Schinzia Alni* eingenommen werden.

Fig. 8. (Vergr. *480*.) Eine der Zellen dieses Parenchyms einzeln gezeichnet, um zu zeigen, wie der intercelluläre Myceliumfaden (*m*) des Parasiten ins Innere der Zelle eindringt und hier fruktificirt. Die intracelluläre Fruktifikation ist hier noch sehr jung, so dass die kleinen runden muthmassligen Reproduktionszellen des Pilzes, bei dieser Vergrösserung, noch sehr undeutlich zu sehen sind.

Fig. 9. (Vergr. *712*.) Mittelst Präparirnadeln frei gelegter Myceliumfaden (*m*) des Pilzes mit Seitenzweiglein, die ins Innere der Parenchymzellen sich eingebohrt hatten.

Fig. 10. Die jugendlichsten Entwickelungszustände der Sporen von *Schinzia Alni* bei *950*-facher Vergrösserung gezeichnet.

Fig. 11. (Vergr. *712.*) Vier aus einem feinen Querschnitte mittelst Nadeln frei abpräparirte Parenchymzellen eines Wurzelauswuchses der Schwarzerle. In den Zwischenzellräumen verlaufen die Myceliumfäden (*m*) des Pilzes; die Fruktifikationszellen desselben (*sp*) sind dagegen streng intracellulär.

Fig. 12 und *13.* (Vergr. *712.*) Anhäufungen dicht gedrängter, auf Pilzfäden aufsitzender Sporen von *Schinzia Alni* aus dem Inneren der Wurzelparenchymzellen frei abpräparirt.

Fig. 14. (Vergr. *712.*) Einzelne frei gelegte, völlig entwickelte Sporen von *Schinzia Alni.*

Fig. 15. (Vergr. *712.*) Eine auf dem Tragfaden noch aufsitzende Spore (*sp*) der *Schinzia Alni*, die einen Faden treibt, an dessen Ende eine secundäre Spore (*s*) sich bildet.

Tafel. II.

Fig. 1 — 8. Knollige Wurzelauswüchse der Garten-Lupine (*Lupinus mutabilis*) in natürlicher Grösse dargestellt. Die successiven Entwickelungszustände folgen den Nummern nach. Die Auswüchse sitzen entweder auf Seitenwurzeln (*Fig. 1—6*), oder auf der Pfahlwurzel (*Fig. 8*). — *Fig. 7* stellt einen knolligen Auswuchs dar, welcher auf der Endspitze einer Seitenwurzel aufsitzt. In *Fig. 5* und *8* sind die Knollen jedesmal von zwei verschiedenen Seiten abgebildet worden.

Fig. 9. Querschnitt durch die Mitte des Auswuchses, welcher in *Fig. 8.* abgebildet ist, bei einer etwa *20—25*-fachen Vergrösserung gezeichnet. — *A* Holzgefässbündelkörper der Pfahlwurzel; *a p* Äusseres Parenhym; *i p* Inneres Parenchym; *g b* Gefässbündelchen, die das innere Parenchym rund umgeben.

Fig. 10. Ein eben solcher Querschnitt mit der Loupe betrachtet.

Fig. 11. Längsschnitt durch die Mitte eines auf der Lupinen-Pfahlwurzel aufsitzenden, knolligen Auswuchses mit einer stark vergrössernden Loupe betrachtet. — *A*, *a p*, *i p*, und *g b* haben dieselbe Bedeutung wie in der *Fig. 9.*

Fig. 12. (Vergr. *120.*) Theil eines feinen Querschnittes durch einen Lupinen-Wurzelauswuchs. — *a p* Äusseres Parenchym; *i p* inneres Parenchym; *v p* Vegetationspunkt (oder Vegetationsschicht) des inneren Parenchyms; *G B* eines derjenigen Gefässbündel, die um das innere Parenchym umherliegen.

Fig. 13. (Vergr. *160.*) Theil eines Querschnittes durch das in der Entwickelung schon etwas weiter vorgerückte innere Parenchym der Lupinen-Wurzelauswüchse. Die Zellen dieses Gewebes sind hier polygonaler Form und enthalten in ihrem schleimigen Plasma eine Menge kleiner farbloser Körnchen.

Fig. 14. (Vergr. *620.*) Noch weiter entwickelte Zellen des inneren Parenchyms. Dieselben hängen noch zusammen, haben aber schon eine mehr abgerundete Form. Die in ihnen enthaltenen Körnchen treten jetzt nicht mehr als runde Körperchen, sondern in Form kleiner, etwas in die Länge gezogener Stäbchen auf. Ausser den kleinen Stäbchen liegt in jeder dieser Zellen ein grösserer klumpenartiger Körper (*z*); öfters erscheint derselbe sehr schwach kontourirt und sendet von sich nach allen Seiten schleimige Stränge.

Fig. 15. (Vergr. *120.*) Nur eben auseinandergefallene, reife Zellen des inneren Parenchyms.

Fig. 16 und *17.* Auseinandergefallene Zellen des inneren Parenchyms bei *320*-facher Vergrösserung gezeichnet. *z* wie in *Fig. 14.* In der Zelle *a* (*Fig. 17*) findet sich zwischen der zarten, farblosen Zellmembran und der centralen Inhaltsmasse ein schmaler Raum, der von einer durchsichtigen, wässerigen Plasmaflüssigkeit erfüllt ist, in welcher sich die kleinen stäbchenartigen Organe bewegen.

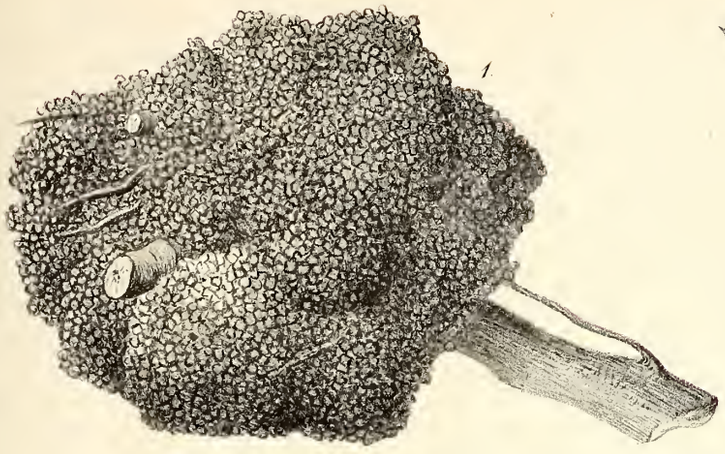
Fig. 18. (Vergr. *320.*) Die in Bewegung gesetzten vibrio-ähnlichen Stäbchen werden durch eine partielle Resorption der feinen Zellmembran befreit. *z.* wie früher.

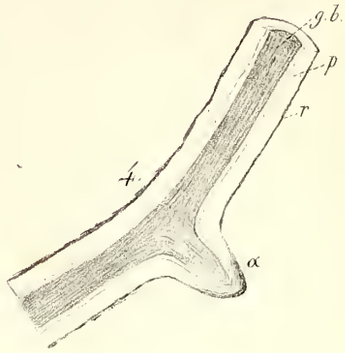
Fig. 19. (Vergr. *620.*) Die feine Membran der Zelle ist hier völlig resorbirt; die stäbchenförmigen, vibrio-ähnlichen Körperchen liegen um den noch zurückgebliebenen zellkernartigen Körper (*z*) angehäuft.

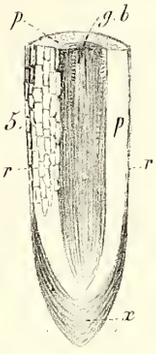
Fig. 20. (Vergr. *620.*) Im Wasser schwärmende vibrio-ähnliche Körper, einzeln abgebildet.

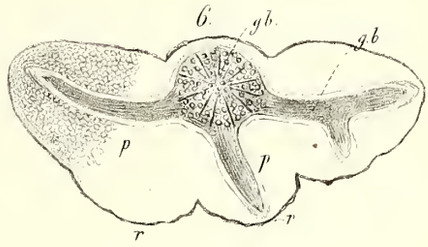
Fig. 21 und *22.* (Vergr. *620.*) Zur Ruhe gekommene vibrio-ähnliche Körperchen; sie bilden kurze und dünne rosenkranzförmige Schnüre und kleine Büschelchen.

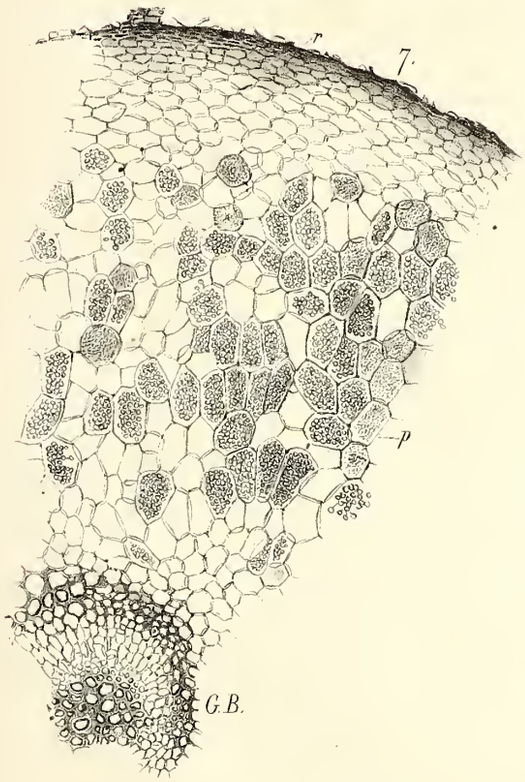
(Die meisten Figuren der beiden Tafeln sind mit Hülfe der *Camera lucida* gezeichnet.)

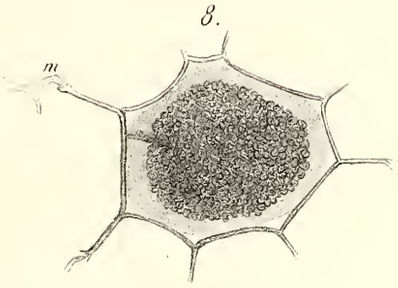


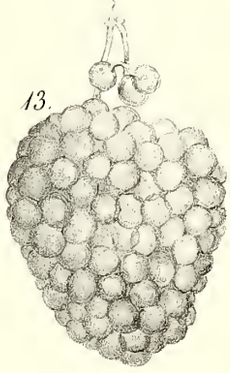


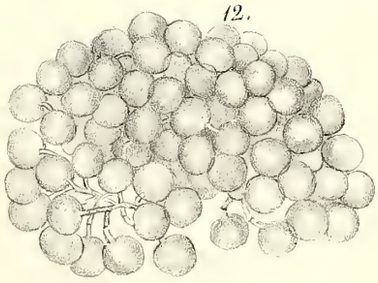


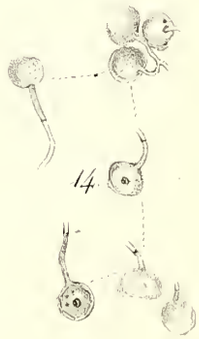


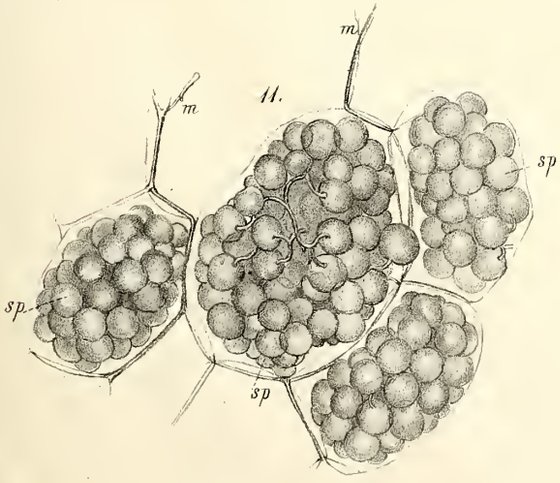




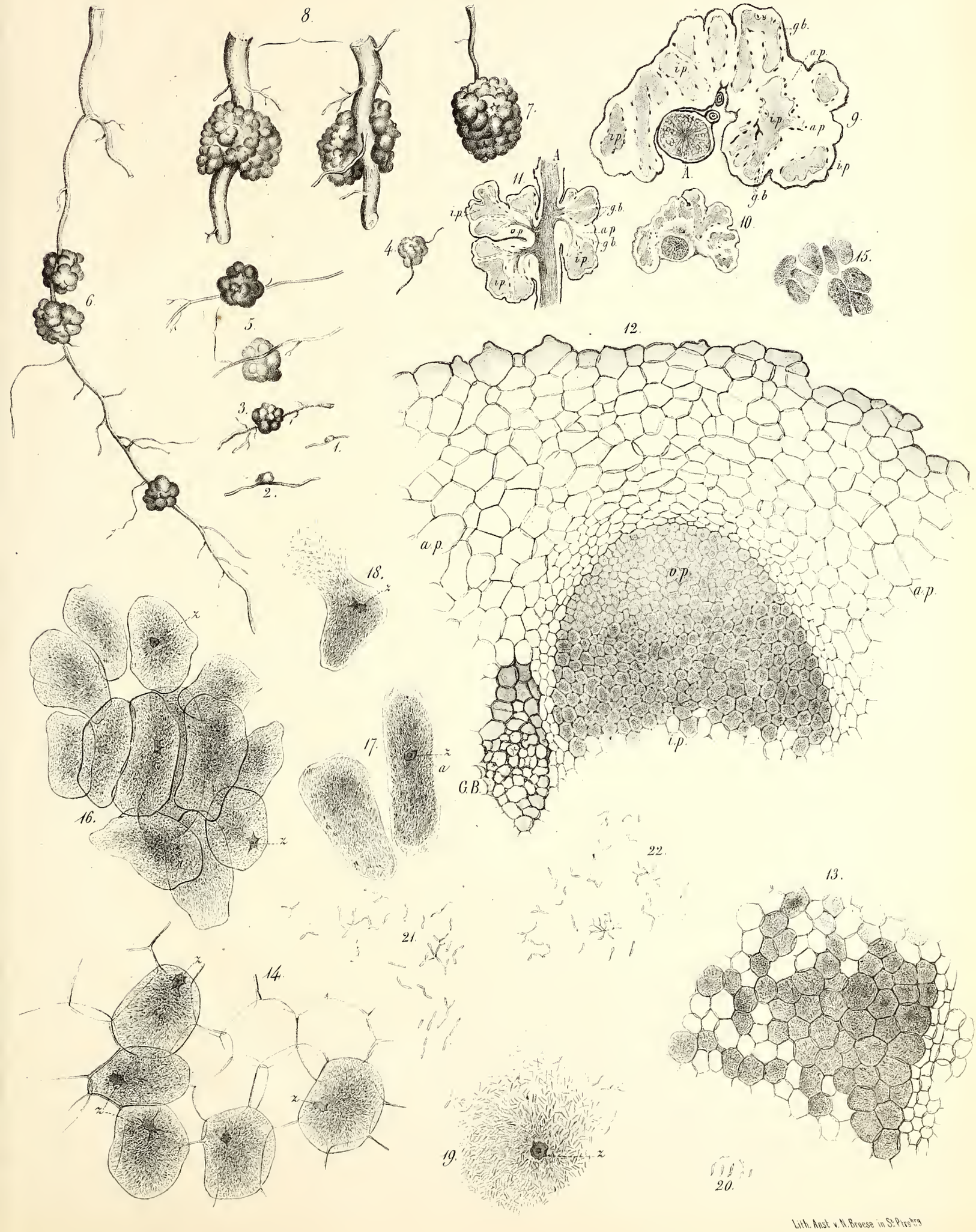








Lith. Anst. v. N. Broese in St. Pbrg.



Lith. Anst v. N. Bruese in St. Petersb.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 072407536